

运用线性规划方法确立宁夏同心县
农林牧最佳生态经济结构模式的探讨

关

喆

中国农业科学院区划所

1984年7月



对北方旱地农业的研究是开发大西北的重要课题之一。本文试以宁夏同心县为样点，用线性规划的方法，对这一地区在开发利用黄河水力资源时，如何充分发挥水的经济效益，建造合理高效的农林牧最佳生态经济结构，进行了一些定量分析和探讨。

- 一、农业生态及社会经济现状
- 二、农业生态系统分析
- 三、模型设计
- 四、农、林、牧生态经济系统的优化方案及生产预测
- 五、结束语

运用线性规划方法确立宁夏同心县 农林牧最佳生态经济结构模式的探讨

关 磊

一、同心县农业生态系统现状和社会经济状况:

同心县位于宁夏回族自治区中南部,全县总土地面积7018.4平方公里,折合1052万亩。其中,生产用地面积905.3万亩,占总土地面积36%。到一九八二年底同心县的人口总数为21.2325万人。每平方公里上的人口密度为30.25人。同心县是少数民族聚集区,回民的人口数量约占总人口数量的百分之八十左右。

综合考虑地貌、植被、土壤、地质等因素,可将同心县划分为二个自然生态地带。南部为干草原黑垆土地带,北部为温带半荒漠灰钙土地带。其界线大体上与干燥度为2.0的等值线或300mm年降雨量等值线相一致。

温带干草原黑垆土地带主要分布在同心县东南黄土高原丘陵地区,面积占全县总土地面积的29.5%,年降雨量300~400mm,是同心县降水较多的地区,土层深厚,有机质含量较高(0.3~1.3%)质地多为壤土,适宜发展林业、牧业(大家畜、细毛羊),并可发展旱地农业。由于这个地区的雨量较多,旱作条件较好,所以是同心县的主要旱作农业区。每亩产量100斤左右。这一地区农业

生态上存在的主要问题是，解放以来由于人口发展过快，人口的增长速度与粮食生产和能源的供给不相适应，造成人为对土地压力过重。加之长期以来我们未能以系统科学的理论去正确认识农业系统的层次结构，在生产实践中出现了严重失误，破坏了农业合理结构。目前这一地区农业生产现状为：

(一)、盲目扩大耕地面积，滥垦滥荒滥弃现象十分严重，致使水土流失进一步加剧。目前该区的年平均土壤侵蚀模数为 $3000 \sim 7000$ 吨/公里²，是同心县严重的水土流失区。大量的水土流失，使得干旱加剧，地力下降，自然灾害频繁，农牧业生产极不稳定，群众生活极其贫困。

(二)、燃料、肥料、饲料、木料俱缺。特别是燃料长期不足，导致烧粪，烧秸秆，挖草根，铲草皮，破坏植被。致使草原严重退化，优质草原面积减少，草场结构变坏，使草场的放牧价值降低。导致超载过牧，加速草原退化，形成恶性循环。

据草场普查，目前干草原可利用鲜草产量每亩只有148.9斤，一年需要17.2亩草原才能养活一只羊。因此，精耕细作，积极发展旱作农业；严格划管草场使用权，恢复草原植被；大力发展水保林和薪炭林，控制水土流失及努力培肥地力是改变目前农业生产现状的首要条件。

温带半荒漠灰钙土地带分布于黑土以北的广大地区，面积占全

县总土地面积的63.8%，降雨量200~300mm，土层较薄，土壤有机质含量很低（0.1~1%），质地粗，多为沙质轻壤土、沙壤土和沙土。局部地区由于长期耕作和改良，土壤结构得到改善，蓄水保墒能力增强，为本区较好的耕作土壤。本区具有地势平缓，土地广阔，日照充足，光能丰富等有利条件，但雨量较少，干旱是农业生产主要障碍，加上风沙及其它灾害，生产极不稳定，多年粮食单产只有50斤左右。又由于近三十年来人口迅速增多，为了粮食自给，大量开荒种粮，土地利用方向由牧转农，破坏了本区原有生态平衡，粮食虽有所增加，但土地沙化和草原退化日趋严重，地力逐年下降。原有的草原植被很难恢复，使农牧业生产处于恶性循环的生态系统之中。目前这一地区的农业生产现状为：第一。盲目开荒，耕作粗放，加重了土地沙化，草原退化，生态系统处于恶性循环状态；第二，作物布局不是按当地自然特点和传统习惯，因而造成茬口混乱，破坏地力；第三。用地和养地失调，施肥面积和施肥方法不科学，歇地和豆茬只占总耕地面积的17.2%，致使土壤肥力和生产力不断下降；第四，农林牧发展严重失调，尤其林业发展较慢，自然植被破坏，牧业发展亦日益困难。

本区是无灌溉则无农业或无灌溉则旱地农业极不稳定的地带。然而黄河的水力资源给这一地区开辟了广阔的前景。因此，积极开发黄河水力资源，充分发挥这一地区地势平缓、土地广阔的自然优势，是

改变同心县目前农业生产现状，改善生态环境的积极而有效的措施。

二、农业生态系统的分析：

通过上面对同心县农业生态系统现状的讨论，对于同心县农业生态系统可以从下面两个单元加以分析。

(一)、南部干草原黑垆土地带：目前该区农业生态系统恶性发展的演替过程，可用如下框图说明。（图1）

由下面的框图可以看出，这一地区农业生态上存在的主要问题集中反映在两个方面，一是水土流失日益严重，二是大面积草场退化，牧草品种结构变坏，优质牧草减少，劣质牧草增加，草场放牧价值降低。造成这种生态恶性发展的原因主要有以下几个方面：

(1)、人口增长过快，粮食生产发展水平赶不上人口的增长，粮食不能自给而导致大面积开垦草原，加之粗放管理，造成水土流失加剧，以农挤牧。

(2)、农、林、牧生产结构极不合理，林业比重极小，特别是薪炭林基本没有，加之人口增长过快，能源不足，导致群众挖草根，铲草皮，破坏原生植被，草场水土保持能力减退，草场严重退化，牧业发展衰退。

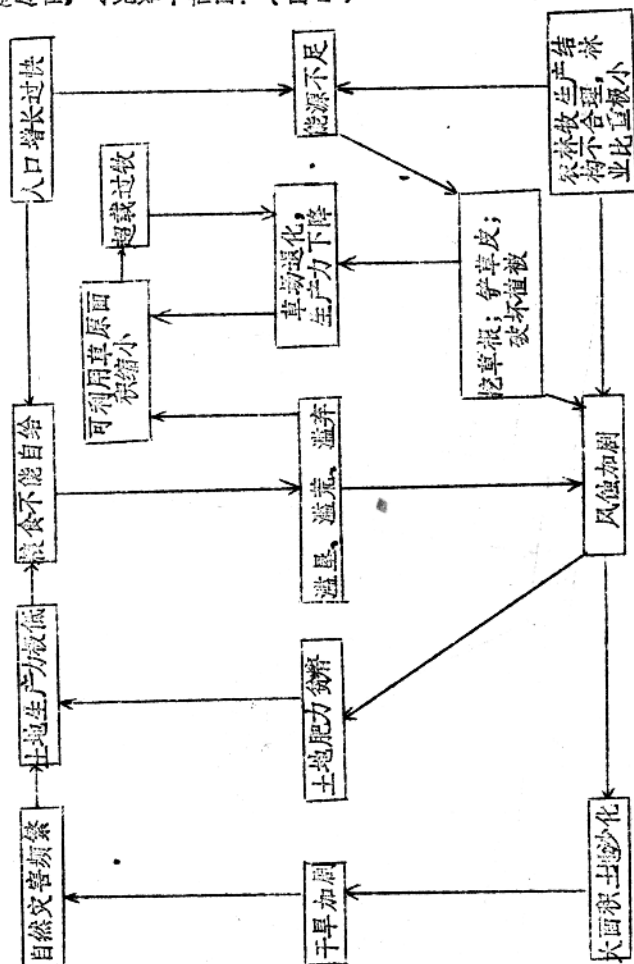
(3)、本区属黄土高原区，土壤结构抗冲蚀能力差，一旦地表植被遭到破坏，就会引起严重的水土流失。

(4)、生态系统比较脆弱，自然条件恶劣，草场一经破坏难以恢复。

(二)、温带半荒漠灰钙土地带：这一地区农业生态恶性发展的演变过程，可见如下框图：（图2）

同心县北部半荒漠草原地带农业生态恶性循环演变过程

图 2。



这一地区干旱十分严重，大面积土地沙化，加之长期以来人口增长过快，对土地压力过重，造成土地资源利用不合理，农业内部各业比例严重失调。这些活动又使得这一地区的干旱和风沙危害进一步强化。

长期的实践表明，“水”是整个农业生态系统中，影响农牧业生产的关键性因子。只有发展引黄灌溉，才能从根本上改变这一地区低产贫困的落后面貌。

通过以上两个单元农业生态系统的分析，对于改变同心县农业生态系统目前的恶性状况，应从以下几方面进行控制：

第一，在南部地区应以控制水土流失为主要目标。必须严格控制耕地面积，发展旱地农业，采取精耕细作保肥保水，提高单产，将不适于农作的耕地特别是坡地要有计划的退耕还林还牧。严格控制人口增长，大力发展林业。南部地区应以发展薪炭林为主解决能源短缺。进行人工种草大力发展畜牧业。改变目前农、林、牧结构严重失调的局面，改善生态环境。

第二，在北部应以灌溉农业为主，大力发展农田防护林、草原防护林和灌溉人工种草。目前正在兴建的固海扬水工程和正在规划中的黄河大柳树水利工程将从根本上解决这一地区干旱缺水的状况，使严重失调的生态系统得以恢复。到2000年黄河大柳树水利工程一期工程完成后，同心县将有100万亩土地得到灌溉（自流+扬灌），群众的生活用水和生产用水都将得到保证。

总之，对于同心县的农业生态系统来说，首先要建立一个合理的农业结构，只有这样才能改变生态失调的现状，使整个农业生态系统，朝着良性循环的方向发展，从而实现最大的经济收益。

三、模型设计：

本文采用线性规划的方法，试求同心县农、林、牧结构的最佳模式。线性规划的一般模型为：

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n A_{ij} X_j = B_i \quad (j=1, 2, \dots, n) \\ X_j \geq 0 \quad (i=1, 2, \dots, m) \end{cases}$$

在满足上面的约束条件下，使目标函数：

$$f(x) = \sum_{j=1}^n C_j X_j \Rightarrow \text{Max (或 Min)}$$

的一组解 $\{X_j\}$ ，这组解称为最优解。

对于本系统的目标，我们主要从农林牧三者的相互依存、当地的生态条件、国家的战略要求、群众的基本生活和建设现代化农业的需要等方面进行综合考虑，这样要改进的系统目标集包含五个子集，即合理利用土地，充分发挥自然资源的潜力；有效地防止土地沙化，草原退化和水土流失；达到农、牧、土地肥力平衡；满足群众基本的粮食和能源需要（薪柴）；实现经济收益最大。在具体应用线性规划方法建造模型时，我们则将前四个目标转化为约束条件，以经济收益最

大作为目标函数，使所建造的模型成为最佳生态经济结构模型。

对于同心县农林牧结构所建立的线性规划模型，本文共分三个不同的发展阶段，这是因为农业系统是自然界和人类活动相互交融的复杂系统，它始终是随时间而变化的。而线性规划方法则把系统的状态当作平均的、线性的和静态的情况加以处理。因此，为了使线性规划模型接近于实际，必须将系统变化划分为不同阶段，并将不同阶段的系统参数合理地估算出来，然后加以同步组合，求取系统在不同阶段的最佳结构组合模型，从而使静态的模型接近离散（即不同阶段）时间的动态系统。在本模型求算中，不同阶段所使用的主要参数见表I。

根据所作的同心县大农业生产系统结构框图（见图3）设下列变量：

- X_1 —灌溉农田占生产用地总面积的百分比（%）。
- X_2 —灰钙土旱作农地占生产用地总面积的百分比（%）。
- X_3 —黑垆土旱作平地占生产用地总面积的百分比（%）。
- X_4 —黑垆土旱作坡地占生产用地总面积的百分比（%）。
- X_5 —灌溉种草占生产用地总面积的百分比（%）。
- X_6 —旱地人工草地占生产用地总面积的百分比（%）。
- X_7 —半荒漠草原占生产用地总面积的百分比（%）。
- X_8 —干草原占生产用地总面积的百分比（%）。
- X_9 —薪炭林占生产用地总面积的百分比（%）。

各阶段模型参数

表I。

阶 段		现 状	第I阶段	第II阶段	第III阶段
年 代		1982年	到1985年	到1992年	到2000年
人口密度	人/平方公里①	30.3	32.4	35.7	38.5
	人/百亩生产地②	2.3	2.4	2.7	3.0
灌溉面积	万 亩	5.2	13.7	25	100
	占生产用地(%)	0.57	1.5	2.8	11
南部丘陵区水土流失量/km ³		3000~7000	1000	1000	1000
粮 食 (斤/亩)	灌溉农地	380	400	500	600
	灰钙土旱作农地	50	50	53	60
	黑垆土旱作平地	100	100	120	150
	黑垆土旱作坡地	80	80	90	100
牧 草 (斤/亩)	人工 有灌溉	—	1100	1300	1500
	草地 无灌溉	400	400	600	833
	天然 半荒漠草原	32	33	133	167
	草地 干草原	70	80	150	200
薪炭林(斤/亩)		—	400	450	600
黑垆土旱作平地占生产地(%)		1.2	2.5	5	4
农田防护林面积占生产地(%)		—	0.15	0.28	1.1
实现林网化的草原占半荒漠草原(%)		0	9	30	30

注：产草量和新柴量均为干重。

①·按全县总人口计算的每平方公里上的人口密度。

②·按农业人口计算的每百亩生产地上的人口密度。

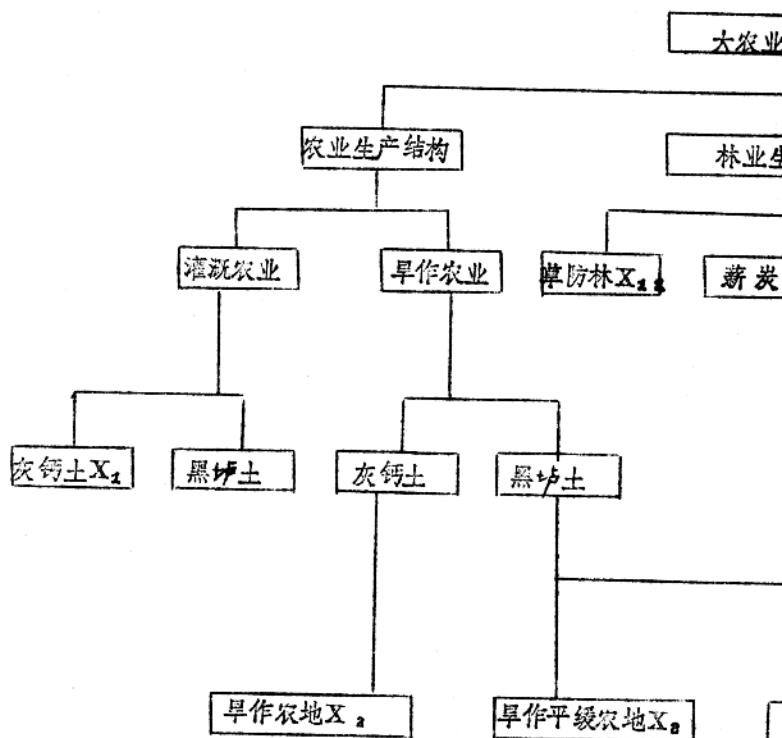


图3。

同心县大农业生产

X_{10} —农田防护林网占生产用地总面积的百分比(%)。

X_{11} —草原防护林网占生产用地总面积的百分比(%)。

X_{12} —每百亩生产用地上的农业人口(人/百亩)。

X_{13} —平摊到每百亩生产用地上的化肥施用量(斤/百亩)。

下面是三个不同发展阶段的数学模型,并以第I阶段模型为例,对模型的设计加以说明:

第I阶段模型:

约束条件:在本模型设计中,共包括了土地资源;人口;粮食自给量;肥力平衡;水土流失;人均占有薪柴量;农田防护林和草原防护林等八类约束条件,16个约束方程(第I阶段只有15个约束方程)。

设全县总生产用地面积为 S :

(1)·全县各类生产用地面积占 S 的百分比之和应为100,即:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} = 100$$

(2)·南部丘陵山区生产用地面积为 S 的29.5%,所以有:

$$X_2 + X_4 + X_6 + X_8 + X_9 = 29.5$$

(3)·据上报统计数字南部丘陵区的耕地面积占 S 的7%,而实际耕地面积要大大超过。因此,为了控制滥垦滥荒的继续发展,稳定耕地面积,南部丘陵区的耕地面积必须控制在7%以下:

$$X_3 + X_4 \leq 7$$

(4)·为了解决南部丘陵区的粮食自给问题及改变生态的恶性循环,

必须改广种薄收为精耕细作。一方面将不适宜耕种的坡地退耕还牧还林，另一方面则应逐步扩大基本农田，努力提高单产。因此，平壤农地要由目前占S的1.2%，逐步扩大到I、II、III阶段的2.5%；3.0%；4%：

$$X_3 = 2.5$$

(5)·按统计上报数字，北部半荒漠区和清水河灌区的耕地面积为S的11%，而实有面积要大得多。正是由于滥垦滥荒的恶性发展，已造成严重的生态危机。因此，必须将该区的耕地面积严格控制在11%以内：

$$X_1 + X_2 + X_5 + X_{10} \leq 11$$

(6)·目前灌溉面积仅为S的0.57%，主要分布在北部地区。今后这一地区的灌溉面积将不断扩大，根据同心县的水利规划，到第I阶段约为1.5%，II、III阶段分别为2.3%；11%。

$$X_1 + X_5 + X_{10} = 1.5$$

本阶段约束条件比II、III阶段少一个灌区粮草比例的约束。因此从下面开始，第n个约束方程的说明对应于II、III阶段的第n+1个方程。

(7)·在半荒漠地区发展灌溉农业，因受风沙危害，必须营造农田防护林网。经分析研究灌区农田防护林网的用地比例以10%左右为宜：

$$10X_{10} = 1.5$$

(8)·人口约束。考虑到少数民族政策，依据同心县计划生育办公室对同心县人口规划，到I、II、III阶段人口的增长应分别控制在2.4; 2.7; 3.0(人/百亩生产用地)以内。即：

$$X_{12} = 2.4$$

(9)·人均占有粮食应当自给自足，至少不能低于600斤。但考虑到现状水平只有400多斤，短期内很难实现全部自给。因此，将第I阶段的标准降为500斤。则有：

$$400X_1 + 50X_2 + 100X_3 + 80X_4 - 500X_{12} \geq 0$$

($X_1 \sim X_4$ 的系数为粮食亩产)

(10)·肥力平衡：各类用地($X_1 \sim X_9$)所能提供或需要的肥料量，应该达到平衡关系。查纲统一折算为粮食数：斤(粮)/亩，则肥力平衡方程为：

$$\begin{aligned} & -368X_1 - 46X_2 - 92X_3 - 74X_4 + 145X_5 + 23X_6 + 2.3X_7 + 3.4X_8 \\ & + 4.8X_9 + 80X_{12} + 3X_{13} = 0 \end{aligned}$$

由于土地的肥力平衡是一种动态平衡，因此， $X_1 \sim X_9$ 的肥力系数随各阶段的生产水平不同而变化。首先得经过草(秸秆)一肥一粮折算，求出草粮当量为0.082，再进一步求出各类用地的折算系数。则：

肥力系数 = 折算系数 × 单产(干重(斤)/亩)

折算系数分别是：